

В. С. Миллер

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск
veronika_miller2@bk.

Научный руководитель — канд. техн. наук Е. Е. Корниенко

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ПЛАЗМЕННОГО НАПЫЛЕНИЯ

В работе представлены результаты исследований многослойных покрытий, полученных с использованием технологии плазменного напыления. Изучены структура, фазовый состав и микротвердость покрытий. Для исследований использованы методы световой микроскопии, а также рентгенофазового анализа.

Ключевые слова: плазменное напыление, многослойные покрытия, структура, микротвердость.

V. S. Miller

STRUCTURE AND PROPERTIES OF MULTILAYER COATINGS OBTAINED BY PLASMA SPRAY

The article reports the research of multilayer coatings obtained using air-plasma spraying. The structure, the phase composition and microhardness of the coatings were studied. Light microscope and X-ray diffraction analyses were used for studies.

Key words: plasma spraying, multilayer coating, structure, microhardness.

Развитие машиностроения неразрывно связано с разработкой новых материалов. В настоящее время актуально создание материалов, которые сочетают в себе различные свойства, а именно могут работать при повышенных температурах, быть устойчивыми в химических средах, а также работать в условиях износа. Изготавливать детали целиком из таких материалов экономически невыгодно. Одним из перспективных способов повышения поверхностных свойств деталей является формирование многослойных покрытий.

Многослойные покрытия состоят из нескольких слоев, имеющих четко определенные границы между ними [1]. Они обладают большей твердостью и износостойкостью, чем однородные покрытия из того же материала. Такое поведение связано с наличием границ раздела, кото-

рые выступают в качестве препятствий для движения дислокаций и распространения трещин [2].

Одним из распространенных методов нанесения многослойных покрытий является плазменное напыление. Метод плазменного напыления позволяет наносить покрытия из различных материалов на детали любой сложности. К недостаткам плазменного напыления относят относительно высокую пористость покрытий [3].

Настоящая статья посвящена исследованию многослойных покрытий Ti–Ni/Ni–Cr–Si–B/Ni–Al, полученных методом плазменного напыления с узлом кольцевого ввода порошка.

Для создания многослойных покрытий использовались следующие материалы: верхний слой — порошок системы Ni–Ti марки ПН55Т45; средний — самофлюсующийся порошок системы Ni–Cr–Si–B марки ПР-Н77Х15СЗР2; нижний — порошок системы Ni–Al марки ПН85Ю15. Размеры частиц порошков составляли 40...100 мкм.

Порошки наносили на подложку из стали 12Х18 Н10 Т. Плазменное напыление осуществляли в Институте прикладной и теоретической механики СО РАН на установке плазменного напыления порошковых материалов «Термоплазма 50–01». Режимы плазменного напыления представлены в таблице. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух. Функцию защитного, транспортирующего и фокусирующего газов выполняла смесь воздуха и пропан-бутана.

Режимы плазменного напыления покрытий Ni–Ti/Ni–Cr–Si–B/Ni–Al

Параметр	Значение
Сила тока, А	140
Напряжение, В	265
Дистанция напыления, мм	170

Металлографические исследования выполняли на оптическом микроскопе Carl Zeiss Observer A1m. Микротвердость покрытий оценивали на приборе Wolpert Group 402MVD при нагрузке 250 Н. Рентгенофазовый анализ верхнего и нижнего слоя покрытий проводили на рентгеновском дифрактометре ARL X'TRA, настроенном на регистрацию $\text{CuK}\alpha$ длин волн.

Структура многослойного образца представлена на рис. 1. В результате микроструктурных исследований было выявлено, что толщина слоя Ni–Ti составляет 700...800 мкм, слоя Ni–Cr–Si–B — 800...900 мкм, Ni–Al — 300...400 мкм. Материал покрытия достаточно плотный и обладает высокой адгезией между слоями. Наблюдается незначительное ко-

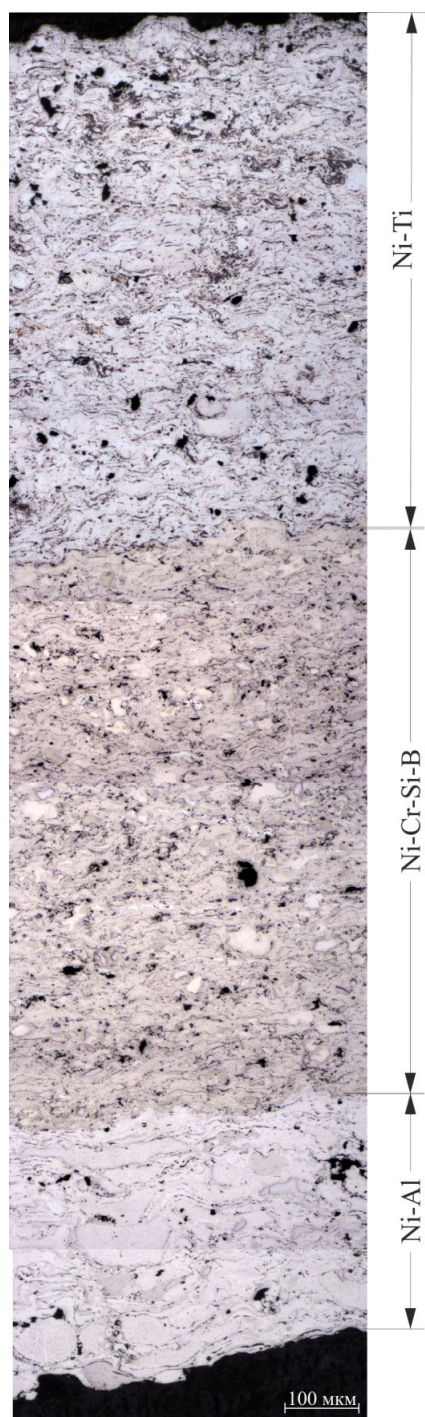


Рис. 1. Структура многослойного покрытия Ni-Ti/Ni-Cr-Si-B/Ni-Al

личество пор. В результате металлографического анализа было выявлено, что в слоях Ni-Cr-Si-B и Ni-Al наблюдаются неоплавленные частицы, сохранившие свою первоначальную округлую форму. Слой Ni-Ti имеет однородную по сечению структуру, что объясняется полным проплавлением частиц этого порошка в плазменной струе.

Анализ рентгенограмм показал, что слой Ni-Al характеризуется наличием фазы Ni_3Al с гранецентрированной кубической решеткой, слой Ni-Ti представляет собой фазу NiTi с объемно-центрированной кубической решеткой (рис. 2).

В результате измерения микротвердости было выявлено, что средняя микротвердость слоя Ni-Ti составляет 691 HV_{25} , слоя Ni-Cr-Si-B — 567 HV_{25} , слоя Ni_3Al — 450 HV_{25} , что не противоречит ранее проведенным исследованиям. Более высокие значения микротвердости слоя Ni-Ti можно объяснить образованием интерметаллида NiTi.

Выводы

1. Методом оптической микроскопии показано, что сформированные слои многослойного покрытия имеют высокую адгезионную прочность. Слой Ni-Ti характеризуется минимальным количеством пор и имеет однородную по сечению структуру, что объясняется более полным расплавлением частиц этого порошка.

2. При помощи рентгеноструктурного анализа было выявлено, что слой Ni-Al состоит из фазы Ni_3Al с гранецентрированной кубической решеткой,

слой Ni–Ti — из фазы NiTi с объемно-центрированной кубической решеткой

3. В результате измерений микротвердости многослойного покрытия было установлено, что микротвердость слоя Ni–Ti выше, чем микротвердость остальных слоев, что объясняется образованием интерметаллида NiTi.

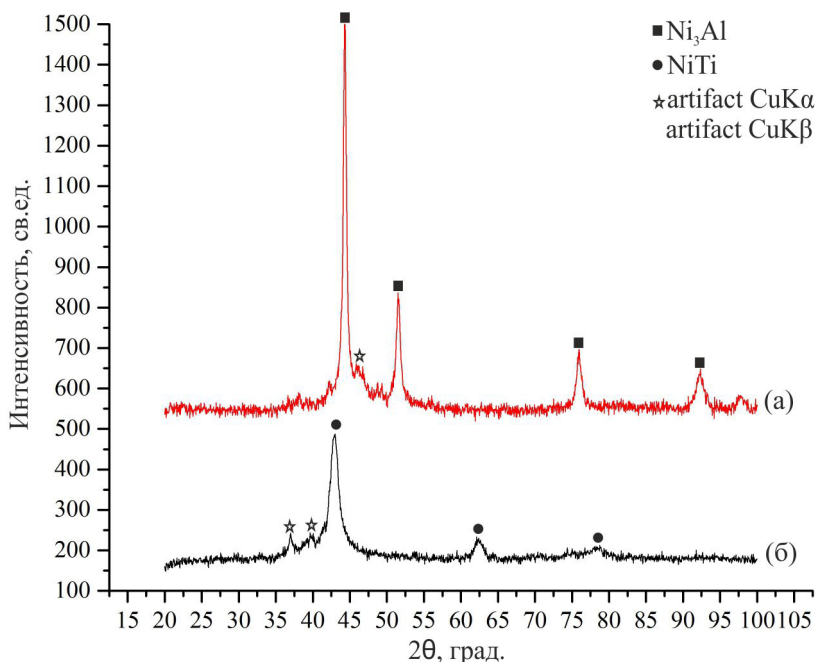


Рис. 2. Фазовый состав слоя Ni–Al — *a* и Ni–Ti — *б* многослойного покрытия

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hogmark S., Jacobson S., Larsson M. Design and evaluation of tribological coatings // Wear 2000. V. 246. P. 20–33.
- 2 Bull S.J., Jones A. M. Multilayer coatings for improved performance // Surf. Coat. Technol. 1996. V. 78. P. 173–184.
- 3 Хасуй А., Моригаки О. Наплавка и напыление. М. : Машиностроение, 1985. 240 с.